

Rapport

R125:1981

Värmepumpsystem med luft som värmekälla

**Energibesparing i sex villor
i Hudiksvall**

**Carl Axel Boman
Lars Sidén**

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	81-2260
Plac	<i>Ser</i>

*K
AWC*

Byggeforskningsrådet

R125:1981

VÄRMEPUMPSYSTEM MED LUFT SOM VÄRMEKÄLLA
Energibesparing i sex villor i Hudiksvall

Carl Axel Boman
Lars Sidén

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770079-1
från Statens råd för byggnadsforskning till Akustik
Miljö AB, Hudiksvall.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R125:1981

ISBN 91-540-3598-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING.....	5
1 INLEDNING.....	7
1.1 Bakgrund.....	7
1.2 Syfte.....	7
1.3 Mätprogram.....	7
2 BESKRIVNING AV MÄTHUS.....	9
2.1 Mäthusens läge.....	9
2.2 Boendesammansättning i mäthusen.....	9
2.3 Mäthusens typ, storlek m m.....	9
2.4 Mäthusens uppvärmningssystem.....	10
2.5 Mäthusens ventilationssystem.....	11
3 MÄTMETODER OCH RESULTAT.....	11
3.1 Energiförbrukning.....	11
3.2 Luftomsättningsmätning.....	17
3.3 Täthetsprovning.....	17
3.4 Termografering.....	18
3.5 Boendevanor, undersökning.....	19
4 DISKUSSION OCH KOMMENTARER TILL MÄTRESULTAT.....	20
LITTERATURFÖRTECKNING.....	23
BILAGA 1: Blankett för notering av veckovis avlästa värden..	25
BILAGA 2: Energiförbrukning i 6 st värmepumpuppvärmda villor i Hudiksvall.....	26
BILAGA 3: Karta över mäthusens läge i Hudiksvalls kommun....	31
BILAGA 4: Jämförande stapeldiagram över elenergiförbrukningen under mätperioden 1979-02-01 - 1981-01-03.....	32

SAMMANFATTNING

Luftburen värme i bostäder och utvinning av energi ur omgivande uteluft, hamnade i skymundan när energidebatten i Sverige kom igång på allvar efter energikrisen. Orsaken torde vara gamla negativa erfarenheter samt bristande kännedom om ny teknik i utlandet.

Luftvärmesystemet har mycket god anpassningsförmåga till alla nu kända energikällor, och förmår utnyttja gratisenergi (t ex solinstrålning) mycket bättre än t ex direktverkande elvärme.

Uteluften är den mest tillgängliga av alla energiresurser vi har. En uteluftvolym av 3.000 m³ har ett energiinnehåll av 1.000 MJ eller 3.600 kWh ($1 \times 1.293 \times 3 \times 10^6 \times 273$) vid 0°C och atmosfärtryck. Dagens luftvärmepumpar förmår endast utnyttja ett par promille av detta. För att undersöka om redan tillgänglig teknik innebär att man sparar köpt energi startades denna undersökning hösten -78.

Projektets målsättning var att visa hur man i småhus, endast med hjälp av värmepump kan reducera energianvändningen för uppvärmning till mindre än hälften. Detta utan att särskilda experter behövde anlitas. En delmålsättning var också att utforma en försöksmodell som till så låg kostnad som möjligt skulle kunna ge grunden till en större undersökning omfattande 1.000 villor över hela Sverige.

Försöket beslöts omfatta sex stycken friliggande småhus i Hudiksvalls kommun byggda -76-77. Samtliga hus är försedda med enkla luftvärmesystem uppbyggda så att tilluften leds via ventilationskanaler till galler under fönstren och sugts via dörrar och trappor till ett centralt placerat aggregat där luften filtreras och värms (alt. kyls) för att på nytt distribueras i huset. En mindre mängd uteluft tillförs kontinuerligt för att ersätta bortventilerad luft. Centralaggregatet, som i samtliga hus placerats i källaren, innehåller styrautomatik, cirkulationsfläkt, elektrofilter, kondensor (alt. förångningsbatteri), elvärmebatteri samt i ett fall kompressor. Till detta är kopplat via köldmedialedningar en utomhusplacerad värmepump. Fem av husen är försedda med en värmepump som medger praktisk drift vid utetemperaturer under -30°C. Konstruktionen är från 1963 och mer än en miljon exemplar hade tillverkats före de som ingår i provet. För jämförelsens skull medtogs en värmepump av konventionell typ. Denna försågs med en termogtat som stängde kompressorn vid utetemperaturer lägre än -15°C för att undvika kompressorhaveri. Samtliga hus fick elvärmebatterier som ensamma kunde klara husens värmebehov. Kostnaden för detta är endast någon hundralapp, då system med luftvärmepumpar ändå alltid förses med någon form av tilläggsvärme. Detta beror på att lönsamhetsgränsen för att använda en luftvärmepump stannar vid 80-90% av årsvärmebehovet. Ett luftvärmesystem av denna typ är i sig själv, utan värmepump, energismälare än direktelvärmesystem. Trots detta valde vi att använda elvärme i luftvärmesystemet, som referens, för att hålla kostnaderna nere. Detta är viktigt då det krävs ett stort statistiskt underlag för att säkerställa tendensen i en så enkel undersökning som denna.

Mätningarna beslöts omfatta: total elenergiförbrukning, värmepumpens elenergiförbrukning, drifttidmätning på elvärmebatterier

och varmvattenberedare. Som komplement till detta gjordes en energibehovsundersökning. Denna omfattade luftomsättningsmätning, täthetsprov, fotografering med värmekamera samt enkät angående boendevanor. De olika elförbrukarna avlästes veckovis av villaägarna. Referensmaterialet erhöles genom månadsvis alternering mellan uppvärmning med värmepump och med elvärmebatteri i luftvärmesystemet. Statistisk jämförelsetemperatur erhöles av SMHI kompletterat med veckovis avläsning av max- och mintemperaturer inne och ute.

Mätperioden omfattar tiden 1979-02-01 - 1981-01-31 och man fick på detta sätt en 12-månaders period med värmepump och en 12-månaders period med elvärme för varje hus.

För samtliga hus fick man lägre förbrukning av köpt energi. "Vinsten" varierar mellan 4.300 kWh upp till 7.000 kWh. Alla husen utom ett har för hustypen mycket låga förbrukningssiffror. Hus A, som avviker, förbrukade vid elvärme ca 36 MWh och vid värmepumpsdrift ca 31.5 MWh. Men detta hus har ett, med direktelvärme, året runt uppvärmt garage, förråd på ca 60 m². Hus E i projektet finns med i VAST:s (VAST = Kraftverksföreningens utvecklingsavdelning) enkätundersökning "Värmepumpar i småhus erfarenheter" (VAST nr 80:63). I denna undersökning har man beräknat fram $Q_{ID} = 29.700$ kWh för detta hus, något som också svarar väl mot en enkel intervju som gjorts med husets närmaste grannar. (Q_{ID} = den ideala uppvärmningsenergin enligt energisparkommitténs modell, alltså exklusive hushållsel). Grannhusen, försedda med direktverkande el, respektive eltakvärme, har förbrukat 30-35 MWh/år, under den aktuella perioden, vilket kan jämföras med hus E, som förbrukat, totalt inklusive hushållsel, 26.5 MWh respektive 19.5 MWh under mätåren. Husens storlek och familjernas sammansättning kan anses likvärdiga. Husens konstruktion är också likvärdig, fränsett att hus E har tvåglasfönster till skillnad från de andra husen som försetts med treglasfönster, vilket sannolikt, med tanke på luftvärmesystemet, snarast är en fördel.

De övriga husen i projektet visar samma trend, dvs att luftvärmesystemet i sig själv minskar behovet av köpt energi.

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Luftburen värme framställs av många som komplicerad och svårtyglad. För oss som jobbar med den och för dem som lever med den i sina bostäder framstår den som mycket enkel och komfortabel. De nackdelar i form av buller- och dammproblem som tidigare utestängde luftvärmen hör en förgången teknik till. De nutida hindren verkar i stället vara att de som arbetar i byggbranschen vill krångla till det, medan VVS-branschen vill hålla luftvärmen tillbaka, för den ur deras synpunkt mer lukrativa vattenburna värmen. För el-branschen finns det nästan inga pengar alls att tjäna på luftvärmen.

Luftburen värme passar bra för självbyggare, men passar i dåligt i de idag etablerade branschorganisationerna. För dem inom byggbranschen, som arbetar med prefabricerade småhus, skulle den passa alldeles utmärkt. Om luftvärmesystemet integrerades i husbyggsatsen skulle det vara nästan gratis för konsumenten - ett utmärkt konkurrensmedel!

Som värmekälla i ett luftvärmesystem kan vilken som helst av alla kända energikällor användas. Så bidrar t ex "för många" personer i ett rum med värme till hela lägenheten. En öppen spis i gillestugan ger värme i hela huset när man eldar i den. Solen, som strålar in genom söderfönstret i februari, åstadkommer inte bara övertemperatur i söderrummet utan ger skön värme även på norrsidan. Listan på gratisvärmare kan göras lång, men någon form av huvudvärme måste ändå finnas. Här framträder luftvärmens stora fördel. Man klarar sig med framledningstemperatur lägre än $+40^{\circ}\text{C}$. Detta gör värmepumpen, i alla dess former, lämplig som huvudvärmekälla. Alla värmepumpar har fördel av att få avge värmen vid så låga temperaturer. Men störst betydelse har detta då man använder värmepumpar som tar energin ur uteluften i vårt nordiska klimat.

De sk luft-luftvärmepumparna har sedan 1930-talet utvecklats till väl fungerande system och tanken med detta försök var att visa hur dagens teknik mycket väl lämpade sig för svenska förhållanden.

Genom att använda systemets tilläggsvärme som alternativvärme och låta varje hus vara sitt eget referenshus skulle ett brett utplagt försök bli möjligt.

1.2 Syfte

Att visa hur man i småhus endast med hjälp av värmepump kan reducera energianvändningen för uppvärmning till mindre än hälften. Att visa att detta är möjligt med befintlig enkel teknik, utan att boendekomforten försämrats, snarare förbättras. Att dessutom utarbeta en enkel, billig och tillförlitlig metod för att kunna utföra en stor undersökning över hela landet.

1.3 Mätprogram

För att få så låga kostnader som möjligt undersöktes möjliga grätjänster. Villkoret för att godtaga sådana var att motsvarande tjänster med stor sannolikhet skulle kunna erhållas på övriga platser där liknande prov kan tänkas genomföras.

För det första tillfrågades de aktuella villaägarna om de var villiga att kostnadsfritt avläsa sex mätpunkter en gång per vecka. För det andra tillfrågades elleverantörerna till de aktuella villorna om man gratis kunde ställa extra elmätare till förfogande under två år. Då samtliga tillfrågade villigt ställde upp beslöts om följande mätprogram:

1. Mätning av total förbrukad elenergi (husets ordinarie kWh-mätare användes)
2. Mätning av värmepumpens elenergiförbrukning (elverket lånade ut en extra kWh-mätare)
3. Mätning av tilläggsvärmens elenergiförbrukning (elverket lånade ut tre stycken drifttidmätare, en per effektsteg)
4. Mätning av elenergiförbrukning för tappvarmvatten (elverket lånade ut en drifttidmätare).

Detta gav sex mätpunkter, som avlästes veckovis av villaägarna. De avlästa värdena antecknades på en blankett (bilaga 1) och insamlades månadsvis av projektledaren, som varje månadsskifte besökt alla villorna och skiftat mellan värmepumpsdrift och elvärme. Vid dessa besök gjordes dessutom en avläsning samt delades ut en ny blankett.

Detta senare moment med besök av projektledaren kan vid framtida mätningar slopas. I stället sänder man månadsvis ut alla blanketter per post, tillsammans med en påminnelse och en instruktion att skifta uppvärmningsalternativ. Med sändningen bifogas adresserat kuvert med svarsporto så att villaägarna varje månad lämnar sin rapport. Projektledaren kan sedan göra enbart ett par stickprovsbesök på varje ställe under mättiden. En väsentlig sänkning av kostnaderna under mättiden skulle på så sätt åstadkommas.

Efter några månaders inkörning inleddes provet 1979-02-01. Hela tiden kördes tre villor med värmepump och tre med elvärme.

Mitt i mätperioden (vårintern 1980) genomförde Statens institut för byggnadsforskning (SIB) en klimatteknisk undersökning av husen. Undersökningen omfattade:

1. Luftomsättningsmätning
2. Termografering
3. Täthetsprovning

Efter mätperioden genomfördes en enkel intervjuundersökning angående boendevanor (bilaga 2).

Projektledare och ansvarig för energidatainsamling samt intervjuundersökning har varit Lars Sidén, Akustisk Miljö AB, Hudiksvall. Ansvarig för den klimattekniska undersökningen har varit Carl Axel Boman, Statens institut för byggnadsforskning, Gävle.

2. BESKRIVNING AV MÄTHUS

2.1 Mäthusens läge

Samtliga hus är belägna i av kommunen planerade villaområden i Hudiksvall. Se kartan (bilaga 3).

2.2 Boendesammansättning i mäthusen

Provhusen bebos enligt nedanstående uppställning:

hus A	2 vuxna	
hus B	2 vuxna	
hus C	2 vuxna	3 barn
hus D	2 vuxna	3 barn
hus E	2 vuxna	2 barn
hus F	2 vuxna	2 barn ^{x)}

x) Under 1980 har dessutom 3 dagbarn vistats dagtid i hus F.

2.3 Mäthusens typ, storlek m m

Mäthus A:

Etagehus i 2 + 2 plan med 1 plan delvis nersänkt i mark. Huset är ett träregelhus med fasadtegel. Konstruktionen följer SBN-75. Uppvärmad yta är 216 m². Fönsterytorna är ca 18 m² tre-glasfönster. Till huset hör ett fristående garage på 60 m², som värms till minst +15°C med direktel året om. Huset står på en oskyddad tomt som sluttar svagt mot norr.

Mäthus B:

Enplanshus med källare. Huset är ett träregelhus med fasadtegel. Konstruktionen följer SBN-75. Uppvärmad yta är 218 m². Fönsterytorna är ca 14 m² tre-glasfönster. Huset står på en relativt oskyddad tomt som sluttar svagt mot söder.

Mäthus C:

Enplanshus med källare. Huset är ett träregelhus med träpanel. Konstruktionen följer SBN-75. Uppvärmad yta är 253 m². Fönsterytorna är ca 13 m² tre-glasfönster. Huset står på en skyddad tomt.

Mäthus D:

Enplanshus med källare. Huset är ett träregelhus med träpanel. Konstruktionen följer SBN-75. Uppvärmad yta är 240 m². Fönsterytorna är ca 11 m² tre-glasfönster. Huset står på en relativt skyddad tomt.

Mäthus E:

En och en halvplans hus med källare. Huset är ett träregelhus med träpanel. Konstruktionen följer SBN-67. Uppvärmad yta är 226 m². Fönsterytorna är ca 17 m² två-glasfönster. Isolering i yttervägg motsvarar SBN-75-krav. Huset står på en relativt oskyddad tomt som sluttar svagt mot söder.

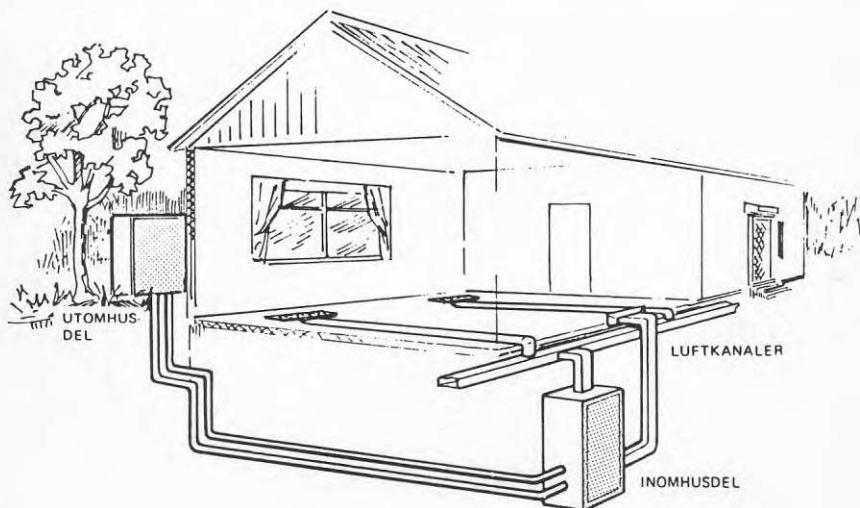
Mäthus F:

En och en halvplans hus med källare.

Huset är ett träregelhus med fasadtegel. Konstruktionen följer SBN-75 med tillägg +10 cm isolering i yttervägg $\frac{1}{2}$ 7 cm i snedtak. Uppvärmad yta är 292 m². Fönsterytorna är ca 18 m² treglasfönster. Huset står på en relativt skyddad tomt som sluttar mot öster.

2.4 Mäthusens uppvärmningssystem

Alla mäthusen är försedda med luftdistributionssystem i princip uppbyggda enligt figur 2.1.



Figur 2.1 Värmedistributionssystem i mäthusen.

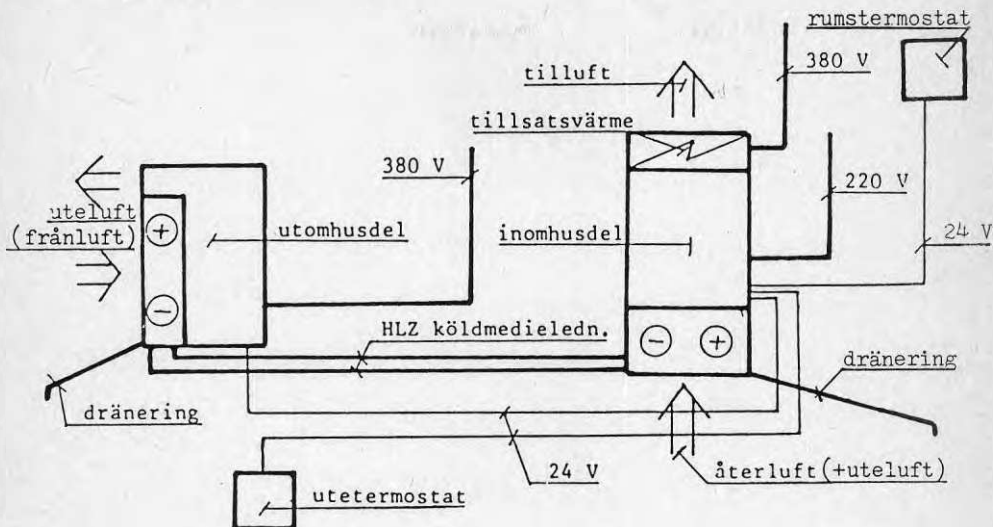
Den uppvärmda (ev kyllda) och renade (ev också infuktade) luften leds via huvudkanal gående tvärs bjälklaget och sidokanalerna i bjälklaget till galler placerade i golv under fönster och ytterdörrar. Även andra placeringar, t ex tilluftsdon i källartak, förekommer. Cirkulerande luft sugas sedan via överluftsdon (ev öppna dörrar) och trappor tillbaka till ett centralt placerat returluftsintag i källaren. Via en kort returkanal där ev ute-luft inblandas leds luften till centralaggregatet där den vid behov värms (kyls) och renas (ev också fuktas) för att på nytt cirkulera i huset. På detta sätt cirkulerar luften 2-3 ggr per timme i husen.

Centralaggregatet består av värmepumpens inomhusdel och ett elektrofilter. Värmepumpens inomhusdel innehåller kondensor (förångar-)batteri, elbatteri, cirkulationsfläkt, reglerutrustning samt i ett fall kompressor.

Mäthus D har en värmepump av fabrikat Mitsubishi, dess utomhusdel innehåller endast förångar(kondensor-)batteri och en fläkt. Övriga mäthus är försedda med värmepumpar av fabrikat Westinghouse. Dessa utomhusdelar innehåller förutom fläkt och förångar(kondensor-)batteri även kompressor, reverseringsventil, recipient, viss

styrautomatik samt unikt för modellen underkylningskontroll.

Samtliga värmesystem arbetar i stort sett enligt nedanstående principschema:



Figur 2.2 Principschema för värmesystem i mäthuset.

I mäthus D är utetermostaten slopad, (den används till att blockera kompressorn vid utetemperaturer lägre än -15°C) i stället är den centralt placerade rumstermostaten utökad med två differenssteg. Detta innebär att automatiken i kopplingen mellan kyla och värme gått förlorad, så att omkopplingen mellan uppvärmning och komfortkylning måste ske manuellt.

Förutom detta system förekommer öppna spisar i fyra av husen. Dessa används i mycket ringa utsträckning utom i hus D där man vintertid eldar upp till tio brasor per vecka.

2.5 Mäthusens ventilationssystem

Mäthusen C och E har vanlig köksfläkt och för övrigt självdrag. Övriga mäthus har mekaniska frånluftssystem.

3. MÄTMETODER OCH RESULTAT

3.1 Energiförbrukning

Energiförbrukningen har uppmätts på det sätt som beskrivs i sektion 1.3.

Eftersom uppvärmningsalternativen, enbart elvärme respektive värmepump + tillsatt elvärme, växelvis har körts en månad i taget, har två stycken mätår kunnat skapas med kända och lika vind- och temperaturbelastningar. Elförbrukningen för de båda uppvärmningsalternativen för respektive provhus redovisas i nedanstående tabell. Se även stapeldiagram bilaga 4.

Provhus		Totalförbrukning	Kilowattimmar			Uppvärmad yta m ²
			Värmepump	Elvärme	Varmvatten	
A	EL	36.080	638	15.485	3.627	216
	VP	31.583	8.827	2.997	3.638	
B	EL	24.884	455	14.703	3.264	218
	VP	18.984	6.942	2.761	3.364	
C	EL	28.894	672	14.282	3.645	253
	VP	23.117	7.224	1.993	3.609	
D	EL	23.769	465	10.458	3.079	240
	VP	19.445	2.963	3.622	3.011	
E	EL	26.564	204	14.093	3.960	226
	VP	19.564	8.063	400	3.847	
F	EL	30.446	484	15.170	3.760	292
	VP	24.918	8.445	1.979	3.760	

Tabell 3.1.1 Sammanställning av elenergiförbrukningen under mätperioden 1979-02-01 - 1981-01-31 med ett "mätår" för vardera el-respektive värmepumpsuppvärmning i förhållande till uppvärmd yta.

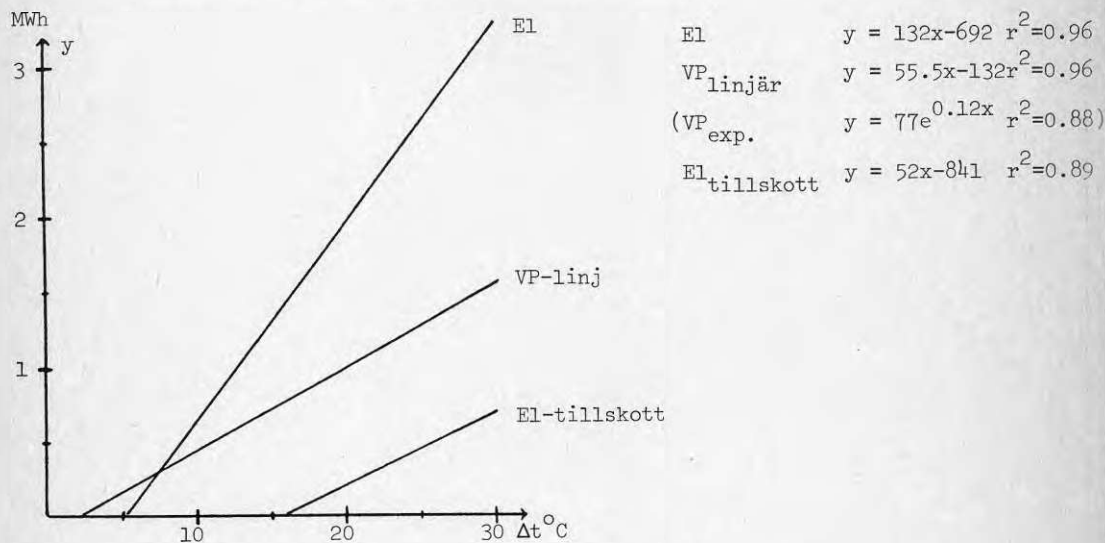
Anm. till tabell 3.1.1

- Anm. 1. I förbrukningen för värmepump ingår all förbrukning för luftkonditioneringsdrift, vilket förklarar att förbrukning finns under "elåret".
- Anm. 2. Elförbrukningen för luftkonditionering antas vara lika stor för både el- respektive värmepumpsåret.
- Anm. 3. Hus D är utrustat med en värmepump som blockeras vid en utetemperatur av -15°C . Enligt tillverkarens data skall denna värmepump vara något effektivare än de övriga vid högre utetemperaturer. Den allmänt låga förbrukningen för hus D kan delvis förklaras av flitigt eldande i öppen spis. Husets öppna spis är försedd med frisklufts-kanal till eldstad samt varmluftsfordelningskanaler.
- Anm. 4. För hus F var drifttidmätaren för varmvatten trasig första mät månaden, varför förbrukningsvärdet i tabellen angivits efter en medelvärdesberäkning, lika för båda åren.
- Anm. 5. Hus A är försett med ett dubbelgarage på 60 m^2 , som hålls uppvärmt till $+15^{\circ}\text{C}$ under hela året. Denna förbrukning ingår i totalförbrukningsredovisningen.

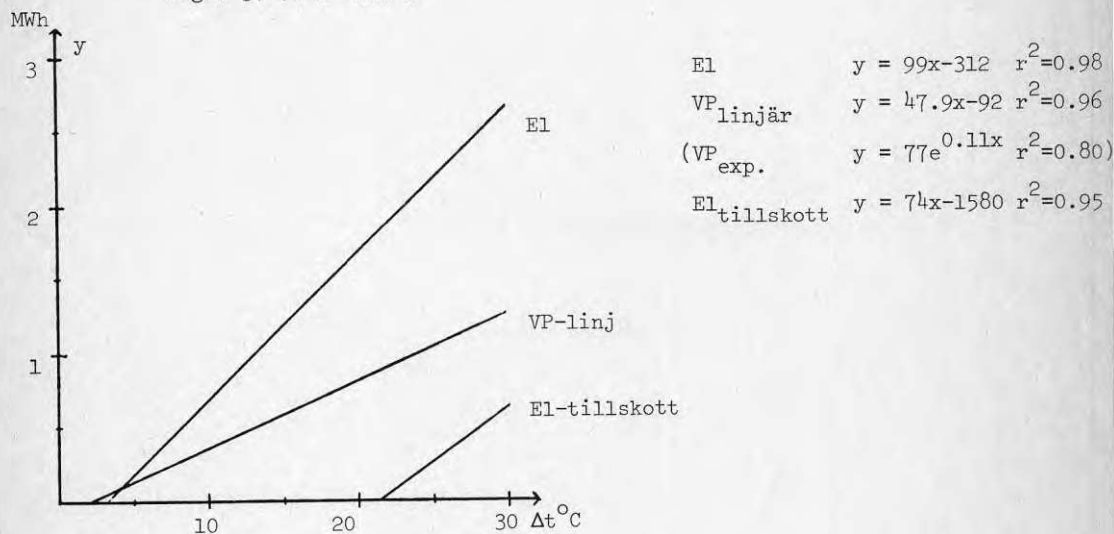
Vid beräkning av värmepumparnas "värmefaktor" har innetemperaturen i provhusen antagits vara lika under provåren eller $+20^{\circ}\text{C}$. Detta antagande har måst göras för att någon kontinuerlig temperaturmätning av innetemperaturen inte har skett. Endast max- respektive mintemperatur per vecka har dokumenterats. Uteklimatepara-

metrarna har dock relaterats till provhusens regionala läge, Hudiksvalls- respektive Delsboområdet. SMHI har mätstationer i båda områdena och enligt temperaturdata från dessa visar sommartemperaturerna på 2-3^o högre temperatur i Delsboområdet. Vintertemperaturerna har lika nivå i de båda områdena. Utifrån dessa antaganden har nedanstående kurvor framställts.

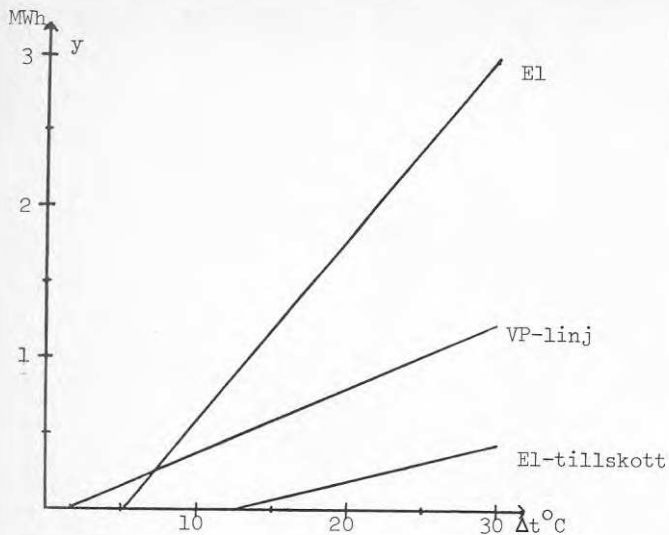
Figur 3.1.1 Diagram som visar skillnaden i energibehov mellan värmepumpsdrift och elvärmedrft. Värmepumpens kurva antas linjär, då detta ger bästa r^2 -värdet. Talen i ekvationerna är angivna i kWh. Inom parentes har angivits ekvationer och r^2 -värden för antagen exponentiell funktion.



Figur 3.1.1 a Hus A



Figur 3.1.1 b Hus B



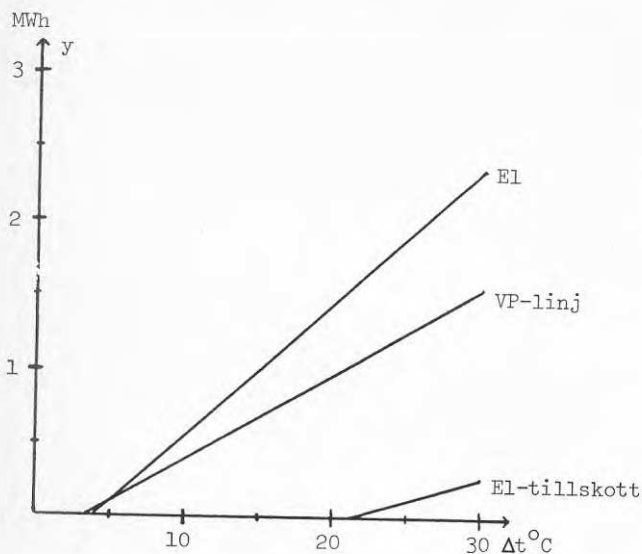
$$\text{El} \quad y = 121x - 639 \quad r^2 = 0.98$$

$$\text{VP}_{\text{linjär}} \quad y = 42.6x - 71 \quad r^2 = 0.91$$

$$\text{VP}_{\text{exp.}} \quad y = 65e^{0.11x} \quad r^2 = 0.87$$

$$\text{El}_{\text{tillskott}} \quad y = 26x - 328 \quad r^2 = 0.70$$

Figur 3.1.1 c Hus C



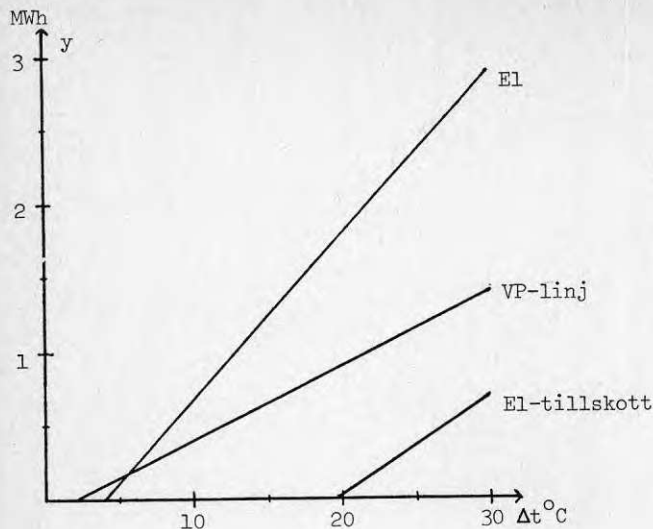
$$\text{El} \quad y = 90x - 350 \quad r^2 = 0.93$$

$$\text{VP}_{\text{linjär}} \quad y = 58.8x - 214 \quad r^2 = 0.92$$

$$(\text{VP}_{\text{exp.}}) \quad y = 97e^{0.11x} \quad r^2 = 0.91$$

$$\text{El}_{\text{tillskott}} \quad y = 31x - 666 \quad r^2 = 0.65$$

Figur 3.1.1 e Hus E



$$\begin{aligned} \text{El} & y = 110x - 423 \quad r^2 = 0.99 \\ \text{VP}_{\text{linjär}} & y = 49.9x - 94 \quad r^2 = 0.96 \\ (\text{VP}_{\text{exp.}}) & y = 109e^{0.10x} \quad r^2 = 0.92 \\ \text{El}_{\text{tillskott}} & y = 67x - 1308 \quad r^2 = 0.79 \end{aligned}$$

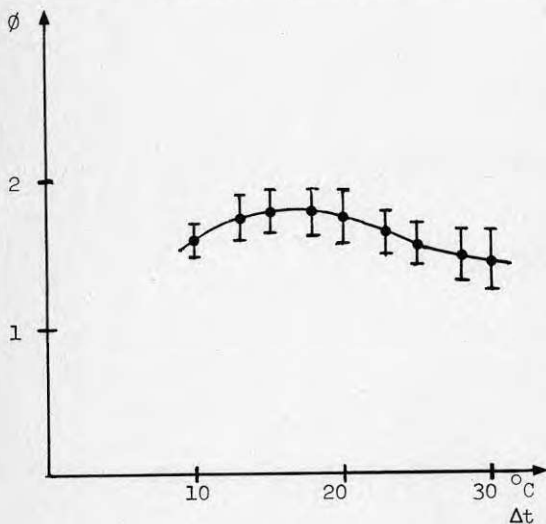
Figur 3.1.1 f Hus F

Vid värmefaktorsberäkningen har hus D måst utgå pga att värmepumpen stängs av vid -15°C . Mätutrustningen har ej medgivit att elförbrukningen har kunnat separeras då utetemperaturen har varit över respektive under -15°C , eller de båda driftsfallen.

Med "värmefaktor" förstås i denna undersökning förhållandet:

$$\text{"Värmefaktor"} = \frac{\text{El}}{\text{El}_{\text{värmepump}} + \text{El}_{\text{tillägg}}}$$

vid samma differens temperatur ute/inne.



Figur 3.1.2 Medelkurva för "värmefaktor" med standardavvikelser inlagda

Värdena i tabell 3.1.2 är framräknade ur diagrammen 3.1.1 a-f vid olika temperaturdifferenser. Från tabellen har gjorts en medelvärdesbildning (\bar{x}) med standardavvikelser som alltså återges i diagramform, figur 3.1.2.

Δt °C hus	10	13	15	18	20	23	25	28	30
A	1.49	1.74	1.84	1.75	1.66	1.56	1.52	1.48	1.45
B	1.75	1.84	1.87	1.91	1.93	1.74	1.57	1.41	1.34
C	1.61	1.90	1.87	1.84	1.83	1.82	1.81	1.81	1.80
E	1.47	1.49	1.50	1.50	1.51	1.45	1.39	1.33	1.30
F	1.67	1.82	1.87	1.94	1.90	1.64	1.53	1.42	1.37
\bar{x}	1.598	1.758	1.790	1.788	1.766	1.642	1.564	1.490	1.452
S	0.119	0.160	0.163	0.178	0.177	0.146	0.153	0.187	0.202

Tabell 3.1.2

3.2 Luftomsättningsmätning

Luftomsättningsmätning har skett i syfte att klarlägga om ventilationsförlusterna avsevärt skiljer sig från varandra i provhusen.

Den mätmetod som använts för att bestämma luftomsättningen var den sk spårgasmetoden, varvid spårgas (N_2O) blandades med byggnadsluften. Koncentrationen spårgas i luften avtar sedan med tiden och denna avklingning är ett mått på den totala ventilationen i byggnaden enligt förhållandet:

$$n = \frac{1}{t} \cdot \ln \frac{C_0}{C_1} \quad \text{oms/h}$$

där n = luftomsättningar per timme

t = tiden i timmar från mätningens början till dess slut

C_0 = gaskoncentrationen vid mätningens början, ppm

C_1 = gaskoncentrationen vid mätningens slut, ppm

Mätningarna utfördes 1980-02-11-14 med då rådande vind- och temperaturförhållanden för uteklimatet. Mätresultatet var enligt nedanstående tabell.

Hus	n oms/h	vind m/s	Δ temp.	utetemp °C
A	0.11	NW 0 - 2	24.5	- 5.2
B	0.14	0 - 2	27.8	- 8.0
C	0.20	SO 0 - 3	29.8	- 8.4
D	0.18	SO 0 - 1	22.6	- 1.6
E	0.24		25.0	- 3.5
F	0.33	N 0 - 2	30.4	- 11.8

Som synes har alla husen en relativt låg luftomsättning med hus A och B som har extremt låg, 0.11 respektive 0.14 oms/h. Vind- och temperaturförhållandena har varit i stort sett desamma för alla husen, eller inom en sådan storleksordning som icke rimligen har påverkat det inbördes resultatet för husen.

3.3 Tätthetsprovning

Tätthetsmätningen har utförts enligt den svenska standardmetoden SP 1977:1. Detta innebär att husens ytterväggar och övriga begränsningsdelar (tätskiktet) har utsatts för ett över- respektive undertryck av 50 Pa. Samtidigt har den luftmängd uppmätts som åtgår för att upprätthålla detta över- respektive undertryck. Förhållandet mellan byggnadens volym och uppmätt luftflöde skall enligt SBN-75 vara för:

Friliggande enfamiljshus samt radhus	max 3 oms/h
Tvåplanshus	" 2 oms/h
Mer än tvåplanshus	" 1 oms/h

Samtliga provhus utom E är byggda enligt SBN-75-krav. Resultatet från mätningen är enligt nedanstående tabell:

Hus	n_{50} oms/h
A	4.5
B	2.6
C	~ 6
D	3.3
E	~ 10
F	> 10 ^x)

x) Mätutrustningen förmådde endast ge ett övertryck av 15 Pa.

Som tabellen visar är det bara ett hus (B) som uppfyller täthetskravet enligt SBN-75. Hus A, D och i viss mån C är otätare, medan E och F är mycket otäta enligt denna mätmetod.

3.4 Termografering

Termograferingen av provhusen är i princip utförd enligt Svensk Standard varvid samtliga ytpartier på husens klimatskärm har undersökts med avseende på lufttäthet och isoleringsfunktion. Såväl partier med som utan brister har dokumenterats genom termogram. I hus försedda med frånluftsfläkt eller "köksfläkt" har dessa körts på högsta varvtal varvid ett undertryck på 2-6 Pa har åstadkommits i husen.

Resultatet från termograferingen ger följande sammanfatning:

Hus A:

Isolerbrister i anslutning av mellanbjälklag och yttervägg. Bristfällig isolering i vindsbjälklag med bristfällig isolerutfyllnad mellan takstolar. Bristfällig täthet vid anslutning vindsbjälklag och yttervägg. Källardörr mycket otät.

Hus B:

Bristfällig täthet vid begränsade delar av anslutning av vindsbjälklag och yttervägg. Begränsade brister i isolerutfyllnad av vindsbjälklag. I vissa fönsterpartier finns luftläckning mellan båge och karm. Källarytterdörr otät.

Hus C:

Bristfällig täthet vid anslutning bottenbjälklag och yttervägg. Otätheterna ger upphov till dels luftrörelser in i rummet, dels som luftrörelser i konstruktionen. Relativt stor omfattning av luftrörelser i undersida bjälklag. Lokala begränsade brister i isolerutfyllnaden i vindsbjälklaget. Taklucka och ytterdörr otäta.

Hus D:

Ej några anmärkningar förutom otätheter i altandörr och dörr till garage. Lågt värmemotståndsvärde för yttervägg i aktivitetsrum.

Hus E:

Bristfällig täthet vid anslutning mellanbjälklag och yttervägg med genomblåsning i konstruktionen. Stora brister i täthet vid eldosor med luftläckning och genomblåsning i konstruktionen. Lucka i stödbensvägg otät.

Hus F:

Bristfällig täthet vid anslutning bottenbjälklag - trappschakt med genomblåsning i konstruktionen, samt anslutning mellanbjälklag - yttervägg med stor förekomst av luftläckning. Mindre förekomst av isolerbrister i vindsbjälklag i form av dålig isolerutfyllnad. Entrédörr och tvättstugedörr otäta.

Termograferingsresultatet överensstämmer relativt väl med resultatet från täthetsmätningarna. Huvudparten av anmärkningarna vid termograferingen är otätheter i husets tätskikt.

3.5 Boendevanor, undersökning

Enkät angående boendevanor (bilaga 2) genomfördes som en intervjuundersökning där projektledaren deltog vid ifyllandet av blanketten. Undersökningen gjordes för att få fram om det fanns några vanor i försöksfamiljernas boende som starkt påverkade behovet av köpt energi åt ena eller andra hållet. Som komplement till redovisad boendesammansättning punkt 2.2 lämnas följande sammanfattning av enkäten:

Hus A:

Huset saknar eldstad. Ett fristående garage - förråd har sannolikt krävt upp till 8.000 kWh/år, energi som icke kommit mäthuset till godo men som finns med i redovisad totalförbrukning (se anm. 3 till tabell 3.1).

Hus B:

Huset har eldstad, men man eldar sällan. Motor- och kupévärmare i bil förbrukar ca 200 kWh/år, energi som icke kommit mäthuset till godo men som redovisats i totalförbrukningen.

Hus C:

Huset har eldstad med utelufttillförsel och vintertid eldar man uppskattningsvis en brasa per vecka. Garage med elvärme finns men elvärmens har icke varit påslagen under mättiden. Sommartid vistas familjen ej i huset under längre perioder. Då har man ej kört luftkonditioneringen. Vintertid badar man bastu en gång i veckan.

Hus D:

Huset har eldstad med utelufttillförsel och vintertid eldar man ca tio brasor per vecka. Halva källarytningen, ca 60 m², är ej vinterbonad och värms till endast +15°C vintertid.

Hus E:

Huset saknar eldstad, Motor- och kupévärmare i bilar förbrukar ca 700 kWh/år, energi som icke kommit mäthuset till godo men som redovisats i totalförbrukningen.

Hus F:

Huset har eldstad med utelufttillförsel och vintertid eldar man uppskattningsvis två brasor per vecka. Motor- och kupévärmare i bilar förbrukar ca 700 kWh/år, energi som icke kommit mäthuset till godo men som redovisats i totalförbrukningen.

Beträffande bad, disk och tvättvanor kan man anse dessa likvärdiga i de sex husen, utan att därför göra en alltför grov förenkling. Detsamma gäller bakning och matlagning. Här bör man också komma ihåg att var familj är sin egen referensfamilj. Så är exempelvis skillnaden i varmvattenförbrukning mellan de två mätåren endast 100 kWh för hus B, där största skillnaden uppmätts. En avvikelse på 3%! Samtliga familjer i mäthuset är nöjda eller mycket nöjda med luftkvaliteten och komforten inomhus.

4. DISKUSSION OCH KOMMENTARER TILL MÄTRESULTAT

Syftet med undersökningen var enligt 1.2 att:

- visa att man i småhus med hjälp av värmepump kan reducera energianvändningen för uppvärmning till mindre än hälften,
- visa att reducerad energianvändning ej behöver försämrade boendekomforten,
- utarbeta en enkel, billig och tillförlitlig metod för att kunna utföra en större undersökning över hela landet.

I nedanstående tabell 4.1 framgår att syftet att reducera energianvändningen till hälften ej har uppnåtts i faktiska tal. I samma tabell framgår att provhusens energiförbrukning för uppvärmning vid elanvändning är mycket låg. I medeltal 60 kWh/m² år. Två av husen, B och E, finns med i VAST:s enkätundersökning, "Värmepumpar i småhus, erfarenheter", och då har man för båda husen räknat fram en ideal energiförbrukning för uppvärmning motsvarande > 100 kWh/m² år. Ur tabellen kan framräknas ett medelvärde vid värmepumpsdrift på 40 kWh/m² år. Detta pekar på att om man valt direktverkande el som referens hade troligen syftet uppnåtts.

Provhus	Elenergiförbrukning ^{x)}		Besparing kWh	Uppvärmd yta m ²
	Elvärme kWh	Värmepump kWh		
A	16.123	11.824	4.299	216
B	15.158	9.703	5.455	218
C	14.954	9.217	5.737	253
D	10.923	6.585	4.338	240
E	14.297	8.463	5.834	226
F	15.654	10.424	5.230	292

x) för uppvärmning och luftkonditionering

Tabell 4.1 Sammanställning av besparing i kWh för provhusen vid värmepumpsdrift jämfört med elvärmedrift i förhållande till uppvärmd yta. Värdena framräknade från tabell 3.1.1.

Av svaren i enkätundersökningen om boendevanor framgår att samtliga är nöjda eller mycket nöjda med luftkvaliteten, varför man rimligen kan anta att någon försämring av boendekomforten ej förorsakas av uppvärmningssystemet. I samtliga hus har man utnyttjat möjligheten till komfortkyla sommartid, en möjlighet som saknas vid konventionell uppvärmning.

Metoden att låta varje hus vara sitt eget referenshus genom månadsvis alternering mellan de båda uppvärmningssystemen ger väsentliga mättekniska fördelar. Faktorer som husets förändring, ändrade boendevanor, yttre regelbundna klimatbelastningar m m påverkar i låg grad resultatet. Dock hade en kontinuerlig inomhustemperaturregistrering förbättrat mätresultatets noggrannhet.

Mätmetoden kan rekommenderas för en mera omfattande undersökning då inomhustemperaturfaktorn får mindre betydelse.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Svensson, A., 1977, Metoder för mätning av luftflöden i ventilationsinstallationer.
Informationsblad B4:1977, Statens institut för byggnadsforskning, Gävle
- Kraft, H., Fehrm, M. & Hill, A., 1979, Värmepumpar för bostadsuppvärmning. Komponent- och systemstudier.
Rapport R14:1979, Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.
- Andersson, K-A. & Pettersson, U., 1979, Luft-luftvärmepumpar i småhus. Fältundersökning i Viksjö, Järfälla.
Rapport R75:1979, Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.
- Svensk Byggnorm (SBN) 1975 med kommentarer, Statens Planverk.
- Axén, B. & Pettersson, B., Termografering. Kontroll av byggnaders värmeisolering och täthet.
T1:1979, Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.
- Värmepumpar, sammanfattning av erfarenheter, 1978.
Kraftverksföreningens utvecklingsavdelning VAST (nr 78:68), Stockholm.
- Värmepumpar för lokaluppvärmning, leverantörsförteckning, 1979.
Kraftverksföreningens utvecklingsavdelning VAST (nr 79:7), Stockholm.
- Värmepumpar i småhus. Erfarenheter, 1980.
Kraftverksföreningens utvecklingsavdelning, VAST (nr 80:63), Stockholm.

Rapport nr. **18**. från hus **E.** år **19.80** månad **juli**...

A=dynsmedeltemperatur under veckan
B=maximal utetemperatur under veckan
C=minimal utetemperatur under veckan
D=maximal innetemperatur under veckan
E=minimal innetemperatur under veckan
F=antal timmar senföregående avläsning OBS. notera endast i de skuggade fälten



veck.	nr	dat.	kl.	A	B	C	D	E	F	mät p. 1	mät p. 2	mät p. 3	mät p. 4	mät p. 5	mät p. 6
				°C	°C	°C	°C	°C	tim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
	27	30	21		27	3	25	19		64392	9082	2875	1007	-	3465
	28	6	23		23	5	24	20		64531	9096	2875	1007	-	3494
	29	13	23		26	6	24	20		64707	9124	2875	1007	-	3527
	30	20	20		23	8	23	20		64904	9144	2875	1007	-	3570
	31	26	17		26	9	25	20		65059	9172	2875	1007	-	3595
	tot. under per.														
	tot. ackumuler.														

Huset är under perioden uppvärmt med DE/VE (stryk det ej tillämpliga)

Övriga noteringar: *fl. kort kyla ... familjen bortrest. endast ... 1. person boende i huset*

Blankett för notering av veckovis avlästa värden.
Ifyllt exempel

**AMAB**Box 28
824 01 Hudiksvall
0650/180 45, 180 46Energiförbrukning i 6 st värmepump-
uppvärmda villor i Hudiksvall
Enkät angående boendevanor

Blad nr 1

1981-05-

Bilaga 2

Lars Sidén

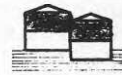
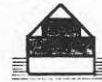
I samband med rubricerad undersökning, har Ni under perioden 790201-810131 hjälpt till med veckovis avläsning av olika energiförbrukare. För att skapa klarhet i hur den övriga elförbrukningen bidragit till bostadens uppvärmning ber jag Er om hjälp med följande uppgifter.

1. Uppgiftslämnare: _____

Adress: _____

Telefon nr: _____

2. Hustyp:



Byggnadskonstruktion:

Boyta _____ m², Biutrymmesyta _____ m², Byggnadens läge öppet/skyddat
Fönsterytor: norr _____ m², söder _____ m², totalt _____ m² tre/två-glas

3. Finns eldstad? ja nej, är den försedd med eget friskluftintag? ja nej

Hur ofta eldar Ni?	sommar	vår/höst	vinter
mycket ofta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ofta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ibland	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
sällan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
mycket sällan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Finns eluppvärmt garage? ja nejVid ja, ange uppvärmd yta ca _____ m² och innetemperatur vintertid _____ °CAnvänder Ni motorvärmare ja nej, kupévärmare ja nej

Om ja försök uppskatta antal drifttimmar/år, finns det två eller fler bilar ange sammanlagda tiden.

Drifttid motor/kupé-uttag ca _____ tim/år

5. Övriga kommentarer till huset _____

Boendeförhållande, allmänt

6. Hur många personer har bott i huset under perioden?

Ange antal och ev. barns ålder Vuxna barn, ålder

7. Har huset varit obebott någon **tid** under perioden 790201-810131 ja nej

Om ja, vid vilka **tidpunkter**? _____

Termostaten var vid dessa tillfällen inställd på: kyla °C, värme °C

8. Vistas någon eller några personer i familjen borta under längre tidsperioder (ex. veckoarbete på annan ort)? ja nej

Om ja, försök uppskatta antalet persondygn under tvåårsperioden: ca _____ dygn

8. Övriga upplysningar i **anslutning** till delrubriken _____

Ventilationspåverkande boendevanor

9. Ange med x vid vilka av följande måltider Ni som regel lagar mat hemma.

	månd.	tisd.	onsd.	torsd.	fred.	lörd.	sönd.
Frukost	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lunch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Middag	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ange antal personer som vanligen äter vid dessa måltider.

	månd.	tisd.	onsd.	torsd.	fred.	lörd.	sönd.
Frukost	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Lunch	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Middag	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

10. Om Ni bakar bröd hemma, försök uppskatta antal timmar bakugnen är igång.

Sommar tim, vår/höst tim, vinter tim. 3, 3/3, 3 månader

11. Använder Ni i allmänhet forcerad ventilation (köksfläkt) vid matlagning och bakning ja nej

12. Hur bedömer Ni luftens kvalitet (lukt) i samband med matlagning?

	i köket	i övriga huset
mycket bra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
bra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
acceptabel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dålig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
mycket dålig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13. Om Ni skall försöka bedöma hur luftens kvalitet (lukt) i bostaden är vanligtvis, bedömer Ni då att den är:

	allmänt	i badrum	i sovrum	i tvättstuga
mycket bra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
bra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
acceptabel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dålig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
mycket dålig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

14. Om Ni vidtagit åtgärder för att förbättra luftkvaliteten sätt x i rutan

	sommar	vår/höst	vinter
Sover för öppet fönster	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vädrar genom huset ofta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kör cirkulationsfläkt kontinuerligt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tillåter tobaksrökning enbart utomhus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

15. Vid torkning av tvätt använder Ni då oftast:

	sommar	vår/höst	vinter
torkställning utomhus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
torkställning i badrum el. tvättstuga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
torkskåp med fläkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
torkskåp med fläkt och påslagen elvärme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
torktumlare	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
torktumlare med påslagen elvärme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Om torktumlare användes, ledes dess ventilationsluft ut?		ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>

16. Förekommer kondens på fönstren:

	sommar	vår/höst	vinter
vid matlagning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
vid tvätttorkning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
annars	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

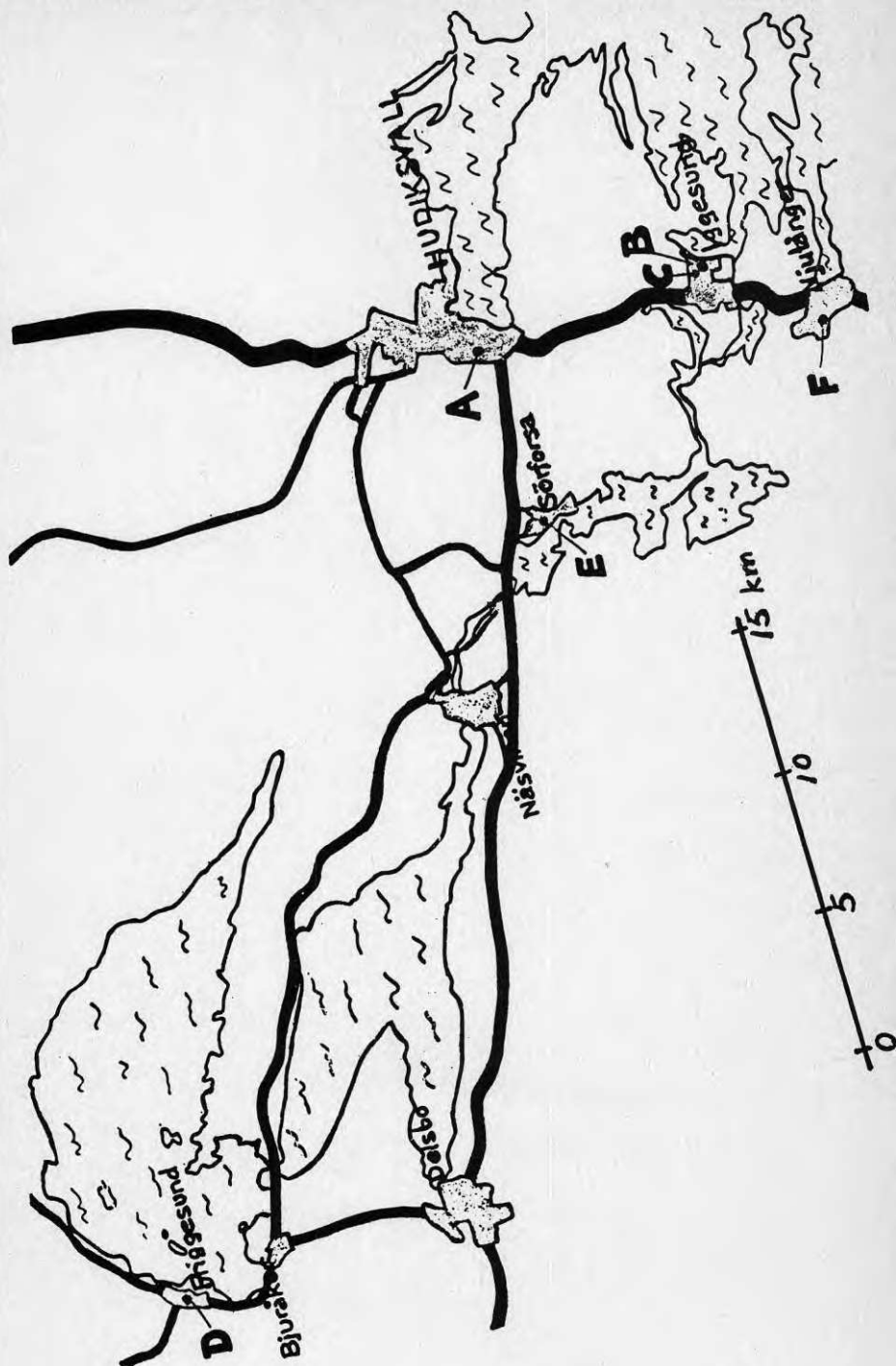
17. Övriga upplysningar i anslutning till delrubriken _____

Faktorer som påverkar varmvattenförbrukningen

18. Diskmaskin: storlek? ange antal kuvert
 Maskinen är ansluten till varmvatten/kallvatten
 Är maskinen full vid disk tillfället? mycket ofta
 ofta
 ibland
 sällan
 mycket sällan
19. Tvättmaskin: storlek? _____ kg torr tvätt, typ hel/halv-automatisk
 Maskinen är ansluten till varmvatten/kallvatten
 Hur ofta tvättar Ni vanligen hemma? — Var _____ dag.
 Är maskinen full vid tvätt tillfället? mycket ofta
 ofta
 ibland
 sällan
 mycket sällan
20. Bad och dusch: antal duschplatser? _____ st
 Finns badkar? ja nej
 Fylls badkaret till mer än hälften vid bad och lek?

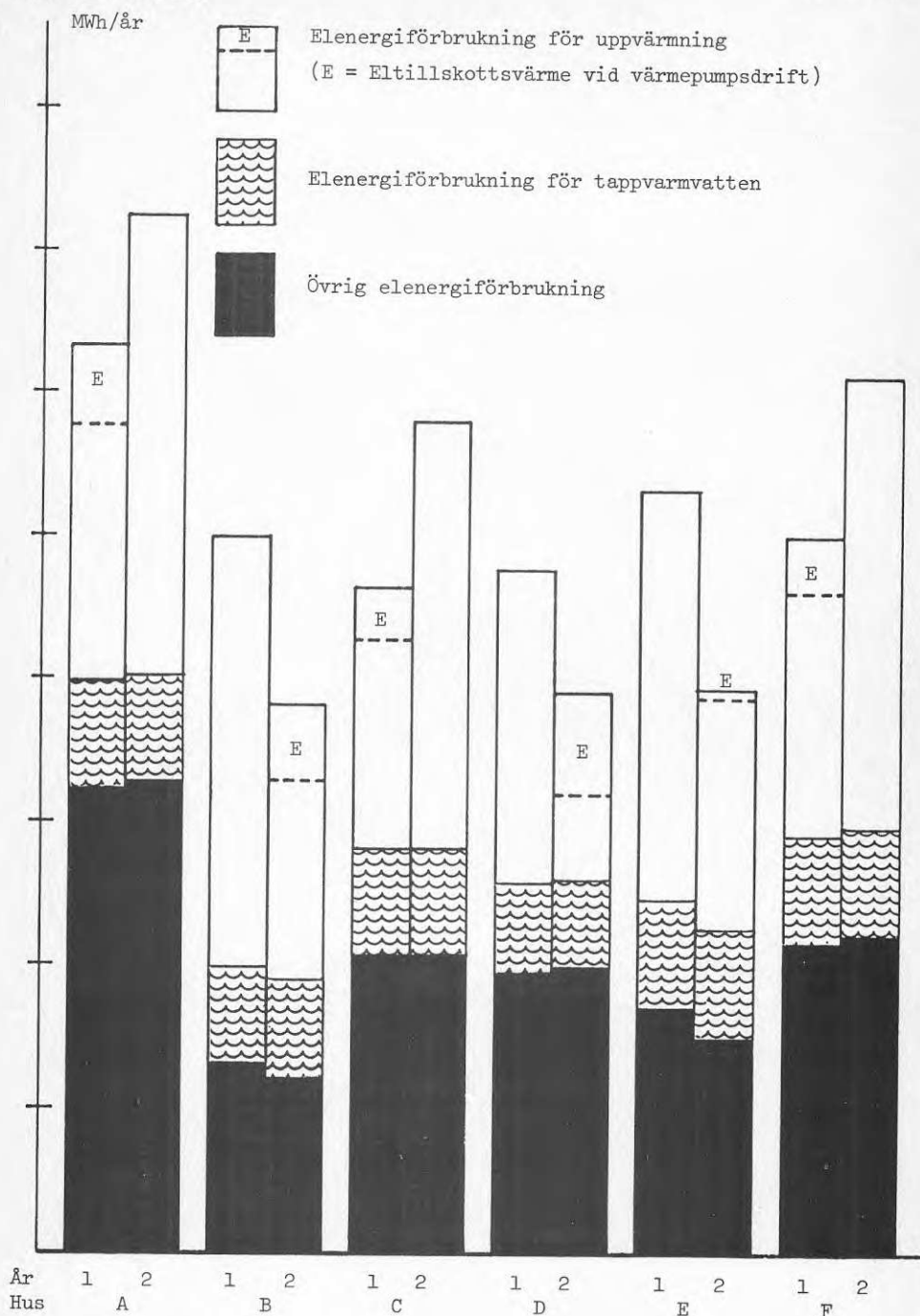
	sommar	vår/höst	vinter
mycket ofta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ofta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ibland	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
sällan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
mycket sällan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

 Hur hög vattentemperatur används: vid bad ca _____ °C, vid dusch ca _____ °C
 Försök uppskatta ungefärlig tid per vecka då duschen är fullt påskruvad. ca _____ min/vecka
21. Står varmvattenberedaren i uppvärmt utrymme ja nej
22. Övriga spontana upplysningar _____



Karta över mäthusens läge i Hudiksvalls kommun

Elenergiförbrukn.



Jämförande stapeldiagram över elenergiförbrukningen under mätperioden 1979-02-01 - 1981-01-31 med ett "mätår" för vardera elrespektive värmepumpuppvärmning.

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770079-1
från Statens råd för byggnadsforskning till Akustik Miljö
AB, Hudiksvall.

R125: 1981

ISBN 91-540-3598-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700425

Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirka pris: 20 kr exkl moms